浙江 B 型与一非 B 型(China-ZHJ-1)烟粉虱形态学和生物学特性的比较研究

臧连生，刘树生*，刘银泉，陈伟强
（浙江大学应用昆虫学研究所，杭州 310029）

摘要：本文对新入侵我国的B型与浙江一非B型(China-ZHJ-1种群)烟粉虱之间的生殖亲和性进行了测定，并对两个生物型在形态特征、发育历期、诱导西葫芦银叶反应及寄主植物适应性几方面进行了比较研究。结果表明，当将B型与非B型ZHJ-1种群进行杂交组合时，两生物型之间虽然有求偶行为发生，但从不发生交配，后代全部为孤雌生殖产下的雄虫；而B型、非B型各自内部羽化后0～72 h的平均交配次数分别为4.4次和1.0次，所产后代的雌雄性比分别为2.8:1、1.0:1，前者性比显著高于后者。两生物型之间伪蛹形态存在明显差异，非B型ZHJ-1种群的前、后蜡缘饰宽度分别为B型的2.5～2.7倍、1.8～2.1倍。在棉花上，除B型1龄若虫历期较非B型的略长外，两生物型之间其他各虫态的发育历期均无显著差异；从2龄若虫起，非B型各虫态的体长明显长于B型，并且同一生物型内，4龄雌性若虫个体明显大于同龄雄性若虫。B型在多种寄主植物上的存活力比非B型的显著要强。B型与非B型ZHJ-1种群生物学特性的比较，为对我国烟粉虱这两个生物型进行深入的比较研究、探讨B型烟粉虱的入侵生物学提供了基础。

关键词：烟粉虱；生物型；生殖隔离；形态学特征；生物学特性；寄主植物适应性
中图分类号：Q968 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2005)05-0742-07

A comparative study on the morphological and biological characteristics of the B biotype and a non-B biotype (China-ZHJ-1) of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) from Zhejiang, China

ZANG Lian-Sheng, LIU Shu-Sheng*, LIU Yin-Quan, CHEN Wei-Qiang (Institute of Applied Entomology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Experimental studies were conducted to determine the reproductive compatibility between the newly invaded B biotype and a non-B biotype (China-ZHJ-1 population) of *Bemisia tabaci* from Zhejiang, China, and to compare their morphological and biological characteristics, including development duration, the ability to cause squash silverleaf and host plant adaptability. Males and females of the two biotypes placed together in various inter-biotype crosses exhibited courtship behavior, but no copulation occurred, and all the offspring were males produced parthenogenetically, whereas the average numbers of copulation event in the first 72 h after emergence for males and females within the B biotype and the non-B biotype were 4.4 and 1.0, and the female/male ratios of the offspring produced by the B biotype and the non-B biotype were 2.8:1 and 1.0:1, respectively. The two biotypes showed obvious difference in pupal morphology. The width of anterior and posterior wax fringes of the non-B biotype ZHJ-1 population were 2.5～2.7 times and 1.8～2.1 times wider than that of the B biotype. There was no significant difference in development duration between the two biotypes on cotton except that the B biotype had slightly longer development duration for the 1st instar than that of the non-B biotype. From 2nd instar onwards, the body of the non-B biotype was consistently longer than that of the B biotype. Within the same biotype, the body of 4th instar female was significantly longer than that of males of the same age. On several host plants tested, the survival of the B biotype was significantly or substantially higher than that of the non-B biotype. This comparative study on the biology of the B biotype and the non-B biotype ZHJ-1 population provided

---

基金项目：国家重点基础研究发展规划“973”项目(2002CB111403)
作者简介：臧连生，男，1975年4月生，吉林蛟河人，博士生，从事害虫综合治理及入侵生物学研究，E-mail：lsz0415@163.com
* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：shshliu@zju.edu.cn
收稿日期 Received：2005-01-07；接受日期 Accepted：2005-07-12

some basic information for further investigating the two biotypes of *B. tabaci* in China, especially the invasion biology of the B biotype.

Key words: *Bemisia tabaci*; biotypes; reproductive isolation; morphological characteristics; biological characteristics; host plant adaptability

烟粉虱 *Bemisia tabaci*(Gennadius)又名棉粉虱、甘薯粉虱,广泛分布在各大洲,是热带、亚热带及相邻温带地区的主要害虫之一(Brown *et al.*, 1995)。烟粉虱是一个正处于快速进化过程中的复合种(species complex),至2000年已确定24种生物型(Perring, 2001)。自上个世纪90年代初以来,B型烟粉虱的出现、迅速传播扩散并在世界各地暴发成灾,使得烟粉虱受到世界各国的重视(Costa and Brown, 1991)。

我国在20世纪40年代已有烟粉虱的记载(周尧,1949),90年代以前偶尔有严重为害棉花的记录(张广学和王林瑶,1972;罗志义等,1989),不过烟粉虱并不是我国主要的经济害虫。但近年来,烟粉虱已在多地暴发成灾(张芝利,2000),许多证据表明,这些猖獗发生的烟粉虱为近年入侵我国的B型烟粉虱(胡敦孝和吴杏霞,2001;罗晨等,2002;邱宝利等,2003; Wu *et al.*, 2003)。

已有的研究结果表明,烟粉虱不同生物型在伪蛹形态(Rosell *et al.*, 1997)、传播植物双生病毒能力(Bedford *et al.*, 1994; Brown *et al.*, 1995)、诱导植物生理混乱能力(Yokomi *et al.*, 1990; Costa and Brown, 1991)、寄主植物适应性(Bedford *et al.*, 1994; Brown *et al.*, 1995)和生殖亲和性(Perring *et al.*, 1993; Bedford *et al.*, 1994; De Barro and Hart, 2000)等生物学特性方面均表现出一定的差异,这些差异已被用来描述烟粉虱不同生物型的特征(Wool and Greenberg, 1990; Bethke *et al.*, 1991; Costa and Brown, 1991; Burban *et al.*, 1992)。最为典型的例子是B型同A型之间的生物学特性比较,二者不仅完全生殖隔离,且同A型相比,B型寄主范围更广、产卵量更大、传播的植物双生病毒种类更多,而且为害后还能诱导西葫芦产生特异性银叶反应(Perring *et al.*, 1993; Bellows *et al.*, 1994)。

关于我国境内烟粉虱不同生物型的研究,近年已有多篇利用分子生物学技术进行分析鉴定的报道(罗晨等,2002; Wu *et al.*, 2002;邱宝利等,2003; Zhang *et al.*, 2005),但尚待从其他方面进行比较研究。本文从生殖隔离测定、形态特征比较、西葫芦银叶反应和寄主植物适应性等方面,对2003年在浙江采集到的B型与一非B型烟粉虱的形态特征和生物学特性进行了比较研究,以期为深入研究我国不同生物型烟粉虱提供基础。

1　材料与方法

1.1　两种生物型烟粉虱的采集、鉴定和饲养

2003年7月于浙江大学华家池校区蔬菜基地的甘蓝植株和浙江萧山棉田的棉花植株上采集到两个烟粉虱种群,经mtDNA CO I基因序列鉴定,分别为B型烟粉虱(GenBank Acc. No.: AJ867555)和非B型烟粉虱(GenBank Acc. No.: AJ867556)。受作者委托,澳大利亚de Barro博士依据上述2个mtDNA CO I基因序列及GenBank中的相关CO I基因序列,对这两个生物型在全球烟粉虱系统发育关系中所处的位置进行了分析,结果表明,浙江所采集到的B型即为全球广泛分布的B型,而非B型则属于Berry等(2004)所归类的"东南亚/远东组(Southeast Asia/Far East Group)",可以初步认定其为中国本地的一种非B生物型(Paul de Barro,私人通讯)。对该非B型烟粉虱赋予特定非B型命名的条件尚不成熟,暂将其称为浙江非B型烟粉虱China-ZHJ-1(简称ZHJ-1)种群。

B型与非B型ZHJ-1实验种群均以棉花(川棉109)为寄主,2003年7月起分别于条件一致的两人工气候室内饲养维持(12L:12D; 27±1℃; 60%~80% RH)。据de Barro和Driver(1997)、Wu等(2002)的报道,H16(5'-TCTCAGCTGG-3')是鉴别B型与非B型烟粉虱较为有效的随机引物。种群维持过程中,每2~3个月从各实验种群中抽取20~30个个体,应用H16分别进行扩增,RAPD-PCR反应体系按照Wu等(2002),定期检测各实验种群的纯度,以保证各实验种群供试时没有混杂。

1.2　供试昆虫与寄主植物

1.2.1　供试昆虫:分别取具有B型和非B型烟粉虱伪蛹(红眼明显)的棉叶,置于铺有滤纸保湿的培养皿(10 cm D)中,叶柄从培养皿侧壁的孔洞中伸出,用浸水的棉花保鲜。翌日取07:00~08:00羽化的粉虱成虫,单头单管保存,在区分雌雄后用于接虫

试验。

1.2.2 供试植物：将播有棉花 *Gossypium hirsutum*（川棉 109）、西葫芦 *Cucurbita pepo*（早青一代）和菜豆 *Phaseolus vulgaris*（81-6 矮生菜豆）种子的瓷盆（口径 15 cm），以及盆栽的无虫甘蓝 *Brassica oleracea* var. *capitata*（京丰一号）、辣椒 *Capsicum annuum*（杭椒一号）幼苗，均用 100 目纱网封盖，以获取无粉虱及其他害虫污染的干净寄主植物。在棉花、菜豆、甘蓝、辣椒生长至具 5～6 片真叶，西葫芦生长至具 2～3 片真叶时，仔细检查确保无虫后用于接虫试验。

1.3 生殖亲和性

1.3.1 生殖隔离测定：取供试初羽化未交配的 B 型和非 B 型成虫，进行生物型内的交配试验和生物型间的杂交试验，处理包括 1 B♀ + 2 B ♂、1 ZHJ-1 ♀ + 2 ZHJ-1 ♂、1 B♀ + 2 ZHJ-1 ♂、1 ZHJ-1♀ + 2 B ♂，每个处理重复 20 次，将各处理组合的粉虱成虫分别接于供试棉花叶片上的微虫笼（臧连生等，2005）内。接虫 5 天后，将粉虱成虫全部去除。

1.3.2 交配行为观察：取供试初羽化未交配的 B 型和非 B 型成虫，接入自制交配小室（图 1），交配行为观察处理包括 1 B♀ + 2 B ♂、1 ZHJ-1♀ + 2 ZHJ-1 ♂、1 B♀ + 2 ZHJ-1 ♂、1 ZHJ-1♀ + 2 B ♂，每处理重复 5 次。利用 SONY 摄像机（DCR-HC30E/HC40E）对粉虱的交配行为进行摄像观察，应用摄像机的间隔拍摄功能（每 30 秒摄像 2 秒），夜间摄像应用红外拍摄功能，每天换带 1 次，连续拍摄观察 3 天，记录交配次数。



图 1 用于观察烟粉虱交配行为的透明塑料小室
Fig. 1 Plexiglas observation cell used to observe mating behavior of *Bemisia tabaci*

1.4 伪蛹形态特征、各虫态发育历期及体长测定

从实验种群中取 B 型、非 B 型成虫各 30 头，分别以微虫笼罩于长势一致的 2 盆棉株上叶龄一致棉叶的叶背，产卵 12 h 后，去除粉虱成虫和微虫笼，并将接虫的 2 盆棉株放于 SANYO 光照培养箱（12L:12D；28℃；80% RH），以温、湿度记录仪监测温、湿度变化，重复 3 次。接虫 2 天后开始用解剖镜镜检烟粉虱的发育情况，每天 09:00 和 16:00 各镜检 1 次，直至成虫羽化。镜检过程由 2 人完成，其中 1 人手持接虫的叶片，将叶背朝上，平铺于解剖镜上，1 人观察。当 1 龄若虫孵化并固定位置取食时，在叶片上通过针刺数字对其做标记，对该头粉虱的发育情况做跟踪调查。在观察各龄若虫的发育情况时，并对各龄若虫孵化的初期和后期测量体长。若虫发育至伪蛹时（红眼明显）对前蜡缘饰和后蜡缘饰的宽度进行测量。每一种群每个重复各跟踪调查 10 头。在伪蛹末期，取出接 B 型烟粉虱的棉株，并放于条件一致的另一 SANYO 光照培养箱，以避免两生物型成虫混杂。成虫羽化后收虫，并在 -30℃下冷冻 10 min 后，镜检雌雄并测其体长（从头顶到腹部末端）。实验数据用 DPS 数据处理系统软件中的 Student *t* 测验进行分析（唐启义和冯明光，2002）。

1.5 西葫芦银叶反应测定

取 B 型与非 B 型初羽化成虫各 20 头，分别接入放有一株西葫芦的养虫笼（30 cm × 30 cm × 45 cm，网眼 100 目），让成虫产下大量卵，卵孵化出大量若虫在西葫芦植株上取食，以不接虫为对照，放于室外阳光充足处，每处理重复 3 次，接虫后每天观察西葫芦植株叶片的变化。

1.6 寄主植物适应性测定

选取生长状况基本一致的棉花、甘蓝、西葫芦、菜豆和辣椒作为测试寄主植物，取初羽化的 B 型、非 B 型烟粉虱成虫各 10 头，分别以微虫笼罩于供试植株叶片的背面，每生物型重复 10 次。接虫后 24 h、48 h 和 72 h 各调查一次成虫的存活情况。

2 结果

2.1 生殖亲和性

B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群杂交处理的 F_1 代中无雌虫出现，全部为雄虫。而 B 型、ZHJ-1 种群各自内部均正常交配受精，F_1 代均产生雌虫和雄虫，并且 B 型后代的雌雄比例明显高于 ZHJ-1 种群，为 ZHJ-1 种群雌雄比的 2.8 倍（表 1）。3 天的录像观察结果表明，B 型与 ZHJ-1 种群之间无交配发生，而 B 型、ZHJ-1 种群各自内部的平均交配次数分别为 4.4 次、1 次（表 2）。

表 1 B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱杂交试验 F_1 代结果

Table 1 Results of F_1 from crosses between B biotype and non-B biotype ZHJ-1 population

杂交组合 Crosses	雌虫数 Number of females	雄虫数 Number of males	F_1 代雌雄比例 Female/male ratio of F_1
1 B♀ × 2 ZHJ-1 ♂	0	23.6 ± 2.4	0:1
1 ZHJ-1♀ × 2 B ♂	0	33.9 ± 2.5	0:1
1 B♀ × 2 B ♂	21.5 ± 1.7	7.7 ± 0.7	2.8:1
1 ZHJ-1♀ × 2 ZHJ-1 ♂	18.5 ± 1.3	19.0 ± 1.5	1.0:1

表中数据为 20 次重复的平均值 ± 标准误。Data in the table are mean ± *SE* of 20 replicates.

表 2 B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱交配行为观察

Table 2 Observations of mating behavior between B biotype and non-B biotype ZHJ-1 population

杂交组合 Crosses	交配次数(羽化后 1～3 天) Number of mating events (1－3 days after emergence)				
	重复 1 Replicate 1	重复 2 Replicate 2	重复 3 Replicate 3	重复 4 Replicate 4	重复 5 Replicate 5
1 B♀ × 2 ZHJ-1 ♂	0	0	0	0	0
1 ZHJ-1♀ × 2 B ♂	0	0	0	0	0
1 B♀ × 2 B ♂	4	3	6	4	5
1 ZHJ-1♀ × 2 ZHJ-1 ♂	1	2	0	1	1

2.2 伪蛹形态特征比较

B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群伪蛹照片及前、后蜡缘饰宽度对比分别见图 2、图 3。ZHJ-1 种群的前、后蜡缘饰明显比 B 型的要宽，并且，B 型的后蜡缘饰界于两尾毛之间，而 ZHJ-1 种群的后蜡缘饰则延伸出两尾毛外侧(图 2)。ZHJ-1 种群雌虫、雄虫的前蜡缘饰宽度为(0.32 ± 0.012) mm、(0.27 ± 0.006) mm，分别是 B 型雌虫和雄虫前蜡缘饰宽度的 2.7 倍和 2.5 倍；ZHJ-1 种群雌虫、雄虫的后蜡缘饰宽度均为(0.21 ± 0.005) mm，分别是 B 型雌虫和雄虫后蜡缘饰宽度的 1.8 倍和 2.1 倍(图 3)。



图 2 B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱伪蛹形态特征对比

Fig. 2 Comparison of the pupal morphology between B biotype and non-B biotype ZHJ-1 population

2.3 各虫态体长比较

B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群各虫态体长见表 3。

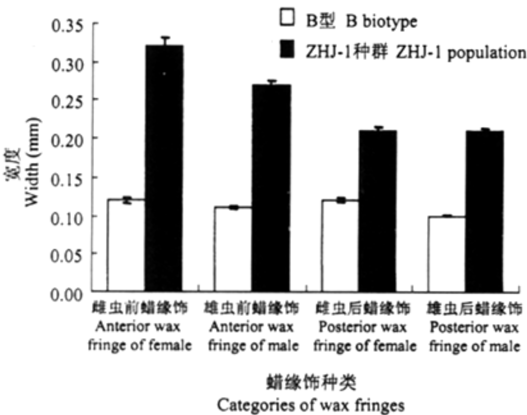


图 3 B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱蜡缘饰宽度对比

Fig. 3 Comparison of the width of wax fringes between B biotype and non-B biotype ZHJ-1 population

二者的卵和 1 龄若虫在体长上无显著差异，但从 2 龄若虫起，ZHJ-1 种群的体长明显长于 B 型，两个生物型同一虫态之间差异均极显著。ZHJ-1 种群和 B 型的雌虫 4 龄若虫的体长分别为 1.471 mm、1.274 mm，比同一生物型的雄虫分别长 0.364 mm、0.229 mm，同一生物型内 4 龄若虫在雌雄间差异均极显著。

2.4 各虫态发育历期对比

在 L12:D12，温度为 28℃，相对湿度为 80% 条件下，在棉花上，1 龄若虫期 B 型比非 B 型 ZHJ-1 种群的显著要长，其他各虫期二生物型之间无显著差异；总体上看，B 型的发育历期比 ZHJ-1 种群的长 0.7 天，但二者间差异不显著(表 4)。

表 3 B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱各虫态体长对比

Table 3 Comparison of body length of different stages between B biotype and non-B biotype ZHJ-1 population

种群 Populations	各虫态体长 Body length of different stages (mm)							
	卵 Egg	1 龄若虫 1st instar	2 龄若虫 2nd instar	3 龄若虫 3rd instar	4 龄雌若虫 4th instar ♀	4 龄雄若虫 4th instar ♂	雌成虫 Adult ♀	雄成虫 Adult ♂
B biotype	0.310 ± 0.001	0.403 ± 0.004	0.571 ± 0.008 a	0.784 ± 0.018 A	1.274 ± 0.010 A	1.045 ± 0.009 A	1.365 ± 0.009 A	1.319 ± 0.008 A
ZHJ-1	0.309 ± 0.003	0.408 ± 0.005	0.615 ± 0.012 b	0.929 ± 0.015 B	1.471 ± 0.013 B	1.107 ± 0.007 B	1.525 ± 0.016 B	1.377 ± 0.011 B

表中数据为 20 次重复的平均值 ± 标准误，同一竖栏内两平均值后字母不同示差异达 $P < 0.01$（小写字母）或 $P < 0.001$（大写字母）显著水平，无字母示无显著差异。Data in the table are mean ± *SE* of 20 replicates, and the two mean values in the same column differed significantly at $P < 0.01$ or $P < 0.001$ level when followed by different lower or upper case letters, respectively.

表 4 B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱各虫态在棉花上发育历期对比

Table 4 Comparisons of development duration of different stages on cotton between B biotype and non-B biotype ZHJ-1 population

种群 Populations	各虫态发育历期(天) Development duration of different stages (d)						若虫期 Nymph	总发育历期 Total development duration
	卵 Egg	1 龄若虫 1st instar	2 龄若虫 2nd instar	3 龄若虫 3rd instar	4 龄前期 Early stage of 4th instar	4 龄后期(伪蛹) Pupa		
B biotype	5.4 ± 0.16	3.3 ± 0.15 a	2.1 ± 0.10	2.2 ± 0.13	3.5 ± 0.17	2.2 ± 0.13	13.4 ± 0.19 a	18.8 ± 0.25
ZHJ-1	5.7 ± 0.15	2.9 ± 0.10 b	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00	3.2 ± 0.13	2.1 ± 0.10	12.4 ± 0.19 b	18.1 ± 0.28

表中数据为 20 次重复的平均值 ± 标准误，同一竖栏内两平均值后的字母不同示差异达 $P < 0.05$ 显著水平，无字母示差异不显著。Data in the table are mean ± *SE* of 20 replicates, and the two mean values in the same column differed significantly at $P < 0.05$ level when followed by different letters.

2.5 西葫芦银叶反应

B 型烟粉虱接到西葫芦上 10 天后，就可观察到西葫芦心叶叶脉开始褪绿变白，约 20 天时叶片变银白。而非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱接到西葫芦上后，与不接虫对照一样，未引起西葫芦产生银叶反应。

2.6 寄主植物适应性

B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱初羽化成虫在 5 种寄主植物上 3 天的存活情况见表 5。除了棉花，ZHJ-1 种群在其他 4 种寄主植物上接虫 2 天后的死亡率均达 50% 以上；而 B 型在接虫 2 天后死亡率达 50%以上的只有在辣椒上。特别是 ZHJ-1 种群在甘蓝上，接虫 1 天后的死亡率即达 81%，3 天后全部死亡。

表 5 B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱成虫在不同寄主植物上的存活

Table 5 Survival of the B biotype and non-B biotype ZHJ-1 population adults on various host plants

寄主植物 Host plants	种群 Populations	累计死亡率 Accumulated mortality rate (%)		
		24 h	48 h	72 h
棉花 Cotton	B biotype	1	3	7
	ZHJ-1	8	11	16
甘蓝 Cabbage	B biotype	15	18	20
	ZHJ-1	81	95	100
西葫芦 Squash	B biotype	12	22	43
	ZHJ-1	43	72	87
辣椒 Capsicum	B biotype	18	71	88
	ZHJ-1	51	87	99
菜豆 Kidney bean	B biotype	21	34	41
	ZHJ-1	32	71	84

3 讨论

由于烟粉虱是一个种下分化复杂且目前处于快速进化的复合种，如何对其种下单元进行分类和命名是一个尚待解决的难题（Perring, 2001）。作者在澳大利亚 de Barro 博士的帮助下，对文中涉及的两个生物型的分类归属做了初步确定。这两个生物型浙江种群的标本同时被中国农业科学院蔬菜花卉研究所的同行（Zhang *et al*., 2005）用于中国烟粉虱种下遗传多样性研究，结果也表明本研究的 B 型即为全球广泛分布的 B 型，而非 B 型 ZHJ-1 种群是起源于亚洲的一个非 B 型。在 Zhang 等（2005）一文中，本文的 B 型被取名为"ZJ1-China"，本文的非 B 型取名为"ZJ2-China"。

本文结果表明，近年来入侵我国的 B 型与浙江非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱之间生殖上完全隔离，在形态特征、诱导西葫芦银叶反应和寄主植物适应性等生物学特性方面二者也存在明显的差异。

交配行为观察发现，B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群之间虽然有求偶过程，但均无正常交配发生，后代全部为孤雌生殖产下的雄虫，说明二者生殖上完全隔离，这与已报道的 A、D、K、M 及 SUD-S 等非 B 型与 B 型生殖完全隔离的情况相同（Perring *et al*., 1993; Bedford *et al*., 1994; Byrne *et al*., 1995），但同 de Barro 和 Hart（2000）报道的澳大利亚本地 EAN 型、WAN 型与 B 型存在部分生殖隔离不同。B 型、非 B

型 ZHJ-1 种群烟粉虱羽化后 0 ~ 72 h 各自内部的平均交配次数分别为 4.4 次和 1.0 次，这与 Perring 等(1993)报道的 B 型、A 型羽化 24 h 各自内部的平均交配次数 5.7 次、5.0 次也明显不同。而且，在本研究中，B 型内部交配所产生后代的雌雄性比与非 B 型 ZHJ-1 种群内部交配的相比，高出 1.8 倍，这种生殖特性的差异将有利于 B 型烟粉虱在新生境中数量的快速增长。

伪蛹的蜡缘饰是在形态上区别不同生物型的一个主要鉴别特征(Rosell *et al*., 1997)，虽然伪蛹的形态特征常会随寄主植物的不同而发生一定程度的变化(Mohanty and Basu, 1986; 陈连根, 1997)。在本研究中，发现在同一条件下，各生物型个体的前、后蜡缘饰宽度基本稳定，而两个生物型之间差异显著，此外，近两年来的多次田间采集和随后的室内鉴定经历表明，通过比较前、后蜡缘饰的宽度可以初步将供试的两个生物型区分开来。

在棉花上的室内发育测定结果表明，B 型与非 B 型 ZHJ-1 种群的卵和 1 龄若虫体长无显著差异，但从 2 龄若虫起，ZHJ-1 种群各虫态的体长明显大于 B 型；同一生物型内，4 龄雌虫若虫明显大于同龄雄虫若虫。罗志义等(1989)在上海郊区的棉田调查发现，棉花上烟粉虱的第 3 龄及第 4 龄若虫有大型个体和小型个体之分，有可能是同生物型的雌虫和雄虫。Bedford 等(1994)对不同生物型成虫的体长测量结果发现，B 型成虫的体长较 A、D、E、G、H、J、K、L、M 等非 B 型的都长。而在本研究中，在棉花植株上，非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱的雌、雄成虫体长均比 B 型的明显要长。本研究中 ZHJ-1 种群各虫态的体长与罗志义等(1989)所测上海棉花上烟粉虱的体长存在一定差异，B 型体长与 Bedford 等(1994)所测 B 型体长之间也存在一定差异，可能与寄主植物及实验条件不同有关。

B 型烟粉虱的寄主植物广泛，保守估计已超过 500 种(Brown *et al*., 1995)，本研究也发现近年来入侵我国的 B 型烟粉虱对寄主植物的适应能力明显强于本地的非 B 型 ZHJ-1 种群，尤其是在甘蓝上表现的最为明显。最近 2 ~ 3 年，烟粉虱在浙江部分地区的甘蓝、花椰菜等十字花科蔬菜上猖獗发生危害，经西葫芦银叶反应及分子生物学检测，全部为 B 型烟粉虱(未发表数据)。同 B 型相比，非 B 型 ZHJ-1 种群烟粉虱寄主谱较窄，田间采集初步表明棉花是其最适合的一种寄主植物。

由于 B 型烟粉虱从上世纪 80 年代被发现后，近 20 年来陆续入侵世界许多国家和地区并暴发成灾，有关其入侵机制的研究受到关注(褚栋等，2004；刘树生等，2005)。已有的证据表明，B 型烟粉虱与非 B 型的相比，一般生殖竞争力更强、寄主范围更广(褚栋等，2004)。本文的研究结果表明，B 型与浙江本地非 B 型 ZHJ-1 种群相比，交配更频繁，后代中雌性比高，寄主适应力强，这无疑是其入侵成功的重要机制。可以预测，对这两个生物型的生物学特征进行详细的比较研究，并探明其生理、生化和分子基础，不仅有助于深入了解烟粉虱入侵我国并广泛成灾的原因，而且对入侵生物学这一学科领域会有所贡献。

参 考 文 献(References)

Bedford ID, Briddon RW, Brown JK, Rosell RC, Markham PG, 1994. Geminivirus transmission and biological characterization of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Ann. Appl. Biol.*, 125(2): 311 – 325.

Bellows TS, Perring TM, Gill RJ, Headrick DH, 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 87: 195 – 206.

Berry SD, Fondong VN, Rey C, Rogan D, Fauquet CM, Brown JK, 2004. Molecular evidence for five distinct *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyeodidae) geographic haplotypes associated with cassava plants in Sub-Saharan Africa. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 97: 852 – 859.

Bethke JA, Paine TD, Nuessly GS, 1991. Comparative biology, morphometrics, and development of two populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton and poinsettia. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 84 (4): 407 – 411.

Brown JK, Frohlich DR, Rosell RC, 1995. The sweet potato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Annu. Rev. Entomol.*, 40: 511 – 534.

Burban C, Fishpool LDC, Fauquet C, Fargette D, Thouvenel JC, 1992. Host-associated biotypes within West African populations of the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom., Aleyrodidae). *J. Appl. Entomol.*, 113: 416 – 423.

Byrne FJ, Cahill M, Denholm I, Devonshire AL, 1995. Biochemical identification of interbreeding between B-type and non-B-type strains of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci*. *Biochem. Genet.*, 33: 13 – 23.

Chen LG, 1997. The damage and morphological variations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on ornamental plants. *J. Shanghai Agri. College*, 15 (3): 186 – 189, 208. [陈连根, 1997. 烟粉虱在园林植物上为害及其形态变异. 上海农学院学报, 15(3): 186 – 189, 208]

Chou I, 1949. Listo de la konataj Aleurodoj "Homoteroj" en cinio. *Entomologia Sinica*, 3(4): 1 – 18. [周尧, 1949. 中国粉虱名录. 中国昆虫学, 3(4): 1 – 18]

Chu D, Zhang YJ, Cong B, Xu BY, Wu QJ, 2004. The invasive mechanism of a worldwide important pest, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B. *Acta Entomol. Sinica*, 47: 400 – 406. [褚栋, 张友军, 丛斌, 徐宝云, 吴青君, 2004. 世界性重要害虫 B 型烟粉虱的入侵机制. 昆虫学报, 47(3): 400 – 406]

Costa HS，Brown JK，1991. Variation in biological characteristics and esterase patterns among populations of *Bemisia tabaci*，and the association of one population with silverleaf symptom development. *Entomol. Exp. Appl.*，61(3)：211 – 219.

de Barro PJ，Driver F，1997. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera：Aleyrodidae). *Aust. J. Entomol.*，36：149 – 152.

de Barro PJ，Hart PJ，2000. Mating interactions between two biotypes of the whitefly，*Bemisia tabaci* (Hemiptera：Aleyrodidae) in Australia. *Bull. Entomol. Res.*，90(2)：103 – 112.

Hu DX，Wu XX，2001. An indicator for presence of silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)：Squash silverleaf. *Plant Quarantine*，15(3)：132 – 136.[胡敦孝，吴杏霞，2001. 银叶粉虱发生和指示指示植物——西葫芦银叶. 植物检疫，15(3)：132 – 136]

Liu SS，Zhang YJ，Luo C，Wan FH，2005. *Bemisia tabaci*. In：Wan FH，Zheng XB，Guo JY eds. Biology and Management of Invasive Alien Species in Agriculture and Forestry. Beijing：Science Press. 69 – 128.[刘树生，张友军，罗晨，万方浩，2004. 烟粉虱. 见：万方浩，郑小波，郭建英主编. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制. 北京：科学出版社. 69 – 128]

Luo C，Yao Y，Wang RJ，Yan FM，Hu DX，Zhang ZL，2002. The use of mitochondrial cytochrome oxidase Ⅰ (mt CO Ⅰ) gene sequences for the identification of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. *Acta Entomol. Sinica*，45(6)：759 – 763.[罗晨，姚远，王戎疆，阎凤鸣，胡敦孝，张芝利，2002. 利用 mtDNA CO Ⅰ基因序列鉴定我国烟粉虱的生物型. 昆虫学报，45(6)：759 – 763]

Luo ZY，Zhang WN，Gan GP，1989. Population dynamics of tobacco whitefly in cotton field and the influence of insecticide application. *Acta Entomol. Sinica*，32(3)：293 – 299.[罗志义，章伟年，干国培，1989. 棉田烟粉虱种群动态及杀虫剂的影响. 昆虫学报，32(3)：293 – 299]

Mohanty AK，Basu AN，1986. Effect of host plants and seasonal factors on intraspecific variations in pupal morphology of the whitefly vector，*Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera：Aleyrodidae). *J. Entomol. Res.*，10：19 – 26.

Perring TM，2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection*，725 – 737.

Perring TM，Cooper AD，Rodriguez RJ，Farrar CA，Bellows TS，1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science*，259：74 – 77.

Qiu BL，Ren SX，Wen SY，Mandour NS，2003. Biotype identification of the populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera：Aleyrodidae) in China using RAPD-PCR. *Acta Entomol. Sinica*，46(5)：605 – 608.[邱宝利，任顺祥，温硕洋，Nasser S. MANDOUR，2003. 利用 RAPD-PCR 方法鉴定我国烟粉虱的生物型. 昆虫学报. 46(5)：605 – 608]

Rosell RC，Bedford ID，Frohlich DR，Gill RJ，Markham PG，Brown JK，1997. Analyses of morphological variation in distinct populations of *Bemisia tabaci*. *Ann. Entomol. Soc. Am.*，90：575 – 589.

Tang QY，Feng MG，2002. DPS Data Processing System for Practical Statiscics. Beijing：Science Press. 36 – 38.[唐启义，冯明光，2002. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京：科学出版社，36 – 38]

Wool D，Greenberg S，1990. Esterase activity in whiteflies (*Bemisia tabaci*) in Israel in relation to insecticide resistance. *Entomol. Exp. Appl.*，57：251 – 258.

Wu XX，Hu DX，Li ZX，Shen ZR，2002. Using RAPD-PCR to distinguish biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera：Aleyrodidae) in China. *Entomol. Sinica*，9(3)：1 – 8.

Wu XX，Li ZX，Hu DX，Shen ZR，2003. Identification of Chinese populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) by analyzing ribosomal ITS1 sequence. *Progress in Natural Science*，13(4)：276 – 281.

Yokomi RK，Hoelmer KA，Osborne LS，1990. Relationship between the sweetpotato whitefly and the squash silverleaf disorder. *Phytopathology*，80：895 – 900.

Zang LS，Liu YQ，Liu SS，2005. A new clip-cage for whitefly experimental studies. *Chinese Bull. Entomol.*，42：329 – 331.[臧连生，刘银泉，刘树生，2005. 一种适合粉虱实验观察的新型微虫笼. 昆虫知识，42(3)：329 – 331]

Zhang GX，Wang LY，1972. Atlas of Cotton Pests. Beijing：Science Press. 21 – 22.[张广学，王林瑶，1972. 棉虫图册. 北京：科学出版社. 21 – 22]

Zhang LP，Zhang YJ，Zhang WJ，Wu QJ，Xu BY，Chu D，2005. Analysis of genetic diversity among different geographic populations and determination of biotypes of *Bemisia tabaci* in China. *J. Appl. Entomol.*，129(3)：121 – 128.

Zhang ZL，2000. Some thoughts to the outbreaks of tobacco whitefly. *Beijing Agr. Sci.*，18 (Suppl.)：1 – 3.[张芝利，2000. 关于烟粉虱大发生的思考. 北京农业科学，18(增刊)：1 – 3]

(责任编辑：袁德成)